

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: **1020000074365 A**
 (43)Date of publication of application: **15.12.2000**

(21)Application number: **1019990018266**
 (22)Date of filing: **20.05.1999**

(71)Applicant: **SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.**
 (72)Inventor: **HA, NAM GYU**

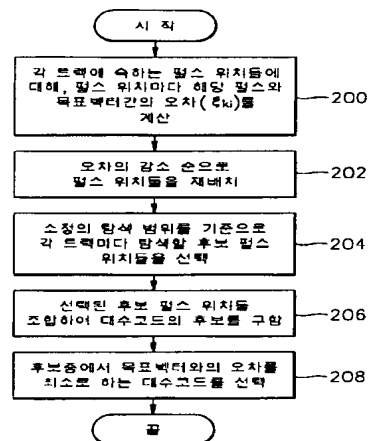
(51)Int. Cl **G10L 13/00**

(54) METHOD FOR SEARCHING ALGEBRAIC CODE IN ALGEBRAIC CODEBOOK UPON ENCODING VOICE

(57) Abstract:

PURPOSE: A method for searching an algebraic code in an algebraic codebook upon encoding voice is to decrease a searching time and a counted amount and maintain a good voice quality by removing a pre-step which is need in G.729.

CONSTITUTION: A method for searching an algebraic code for minimizing an error between an input voice signal and a target vector in an algebraic codebook comprising a series of pulse numbers having a predetermined value, a series of tracks corresponding to the respective pulse numbers, and a pulse position pertaining to the respective tracks, comprises the steps of: rearranging a position of the pulses depending on a contribution degree in making a code word of the algebraic code which the pulse positions wish to obtain; selecting a candidate pulse position for the searching every tracks within a predetermined searching range in the rearranged algebraic codebook, compounding the selected candidate pulse positions to obtain a candidate of the algebraic code; and selecting an algebraic code which an error between the candidate and the target vector is minimized among the candidates.



COPYRIGHT 2001 KIPO

Legal Status

Date of final disposal of an application (20011114)

Patent registration number (1003199240000)

Date of registration (20011222)

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁹
G10L 13/00

(11) 공개번호 특2000-0074365
(43) 공개일자 2000년12월15일

(21) 출원번호	10-1999-0018266
(22) 출원일자	1999년05월20일
(71) 출원인	삼성전자 주식회사 윤종용 경기도 수원시 팔달구 매탄3동 416
(72) 발명자	하남규
(74) 대리인	경기도수원시팔달구영동동황곡마을주공아파트145동704호 미영필, 권석홍, 이상용

심사청구 : 있음

(54) 음성 부호화시에 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법

요약

본 발명은 음성 부호화시에 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법을 개시한다. 소정수의 일련 펄스 번호, 각 펄스 번호에 대응하는 일련 트랙들, 각 트랙에 속하는 펄스 위치들로 구성된 대수코드북에서, 입력된 음성신호에 대한 목표 벡터와의 오차를 최소로 하는 대수코드 탐색방법은, (a) 각 트랙에 속하는 펄스 위치들이 각각 구하려는 대수코드의 코드단어를 구성하는데 기여하는 정도에 따라 펄스 위치들을 재배치하는 단계, (b) 재구성된 대수코드북에서 소정의 탐색 범위를 기준으로 각 트랙마다 탐색할 후보 펄스 위치들을 선택하고, 선택된 후보 펄스 위치들을 조합하여 대수코드의 후보를 구하는 단계 및 (c) 후보중에서 목표 벡터와의 오차를 최소로 하는 대수코드를 선택하는 단계를 구비한다.

도표도

도2

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 일반적인 음성 부호화기에서의 대수코드 탐색회로의 블록도이다.
도 2는 본 발명에 의한 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법의 바람직한 실시예에 따른 플로우차트이다.
도 3은 본 발명에 의한 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법의 바람직한 다른 실시예에 따른 플로우차트이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 음성 부호화에 관한 것으로서, 특히 음성 부호화시에 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법에 관한 것이다.

셀프(CELP:Code-Excited Linear Prediction)는 좋은 음질을 유지하면서 저비트를 음성압축을 위하여 널리 사용되고 있다. 이러한 방식을 적용한 음성 부호화기는 셀룰라 통신, 위성통신 및 음성저장장치등에서 널리 사용되고 있다.

이러한 방식에 의해, 음성신호가 샘플링되고, 미리 정해진 수의 연속된 블록으로 변환된다. 각 블록은 시간에 따라 변하는 2개의 필터를 사용하여 개인과 코드북에서 선택된 적절한 여기 신호를 필터링하여 음성신호를 합성한다. 첫번째 필터는 피치에 의한 주기성을 모델링하는 장기예측 필터(Long Term Prediction filter)이고, 두번째는 음성신호의 스펙트럼의 특성을 모델링하는 단기예측 필터(Short Term Prediction filter)이다. 이러한 합성방법을 실행하기 위해 필요한 변수를 구하는데 사용되는 부호화 과정은 분석 합성 기법(Analysis by Synthesis)이다.

초기에 제안된 코드북의 구조로는 통계적 코드북(Stochastic codebook)이 있다. 이것은 N개의 임의의 샘플로 구성된 코드들의 집합으로 구성된다. 그러나, 셀프(CELP)에 의한 합성 방식은 분석 합성 방식을 이용하므로 코드북의 탐색에 많은 시간을 필요로 한다. 최근에는 적은 량의 베이스스 벡터들의 선형조합에 기초한 통계적 코드북을 이용하여 코드북의 탐색시간을 많이 줄였다. 이들 1세대 셀프(CELP)는 통계적 코드북을 저장하기 위하여 많은 저장 공간을 필요로 하고, 또한 탐색을 위하여 많은 시간을 필요로 한다.

이런 문제를 해결하기 위하여 대수코드북(Algebraic codebook)을 이용하는 셀프(CELP)가 고안되었다. 에이셀프(ACELP: Algebraic Code Excited Linear Prediction)는 밀착 탐색(focused search)을 이용하여 더욱 효율적인 탐색을 가능케한다. 최근에, 대수코드북은 국제통신 연합(ITU)의 ITU-T 6.3kbit/s - 5.4 kbit/s PSTN videophone 표준인 G.723, ITU-T 표준인 G.729등에 적용되고 있으며 EVRC와 GSM EFR등과 같은 여러 표준 음성부호화기들에 채택되고 있다. 한편, 데이터,음성의 동시통신(OSVD: Digital Simultaneous Voice and Data)에 대한 관심이 증가함에 따라 대수코드북의 탐색시간을 줄이는 것등을 포함하여 음질을 조금 희생하고 계산량이 감소한 G.729A가 새로운 표준으로 채택되었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 대수코드북을 구성하는 각 트랙의 펄스 위치들의 탐색 순서를 재배치하고 탐색할 펄스 위치들을 선택함으로써, 탐색시간을 줄이고, 계산량을 감소시키면서 좋은 음질을 유지하는, 음성 부호화시에 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법을 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기 과제를 이루기 위하여, 소정수의 일련 펄스 번호, 각 펄스 번호에 대응하는 일련 트랙들, 각 트랙에 속하는 펄스 위치들로 구성된 대수코드북에서, 입력된 음성신호에 대한 목표 벡터와의 오차를 최소로 하는 바람직한 실시예에 따른 대수코드 탐색방법은,

(a) 각 트랙에 속하는 펄스 위치들이 각각 구하려는 대수코드의 코드단어를 구성하는데 기여하는 정도에 따라 펄스 위치들을 재배치하는 단계, (b) 재구성된 대수코드북에서 소정의 탐색 범위를 기준으로 각 트랙마다 탐색할 후보 펄스 위치들을 선택하고, 선택된 후보 펄스 위치들을 조합하여 대수코드의 후보를 구하는 단계 및 (c) 후보중에서 목표 벡터와의 오차를 최소로 하는 대수코드를 선택하는 단계를 구비한다.

또한, 상기 과제를 이루기 위하여, 소정수의 일련 펄스 번호, 각 펄스 번호에 대응하는 일련 트랙들, 각 트랙에 속하는 펄스 위치들로 구성된 대수코드북에서, 입력된 음성신호에 대한 목표 벡터와의 오차를 최소로 하는 바람직한 다른 실시예에 따른 대수코드 탐색방법은,

(a) 각 트랙에 속하는 펄스 위치들이 각각 구하려는 대수코드의 코드단어를 구성하는데 기여하는 정도에 따라 펄스 위치들을 재배치하는 단계, (b) 재구성된 대수코드북에서 소정의 탐색 범위를 기준으로 각 트랙마다 탐색할 펄스 위치들을 선택하고, 선택된 펄스 위치들을 조합하여 대수코드의 후보를 구하는 단계, (c) 후보중에서 목표 벡터와의 오차를 최소로 하는 대수코드를 구하는 단계 및 (d) (c) 단계에서 얻은 대수코드를 구성하는 펄스 위치들중에서 소정수의 펄스 위치를 고정시켜놓고, 나머지 펄스 위치들을 원래의 대수코드북에 있는 펄스 위치들을 참조하여 변경시키면서, 목표 벡터와의 오차를 최소로 하는 대수코드를 구하는 단계를 구비한다.

본 발명은 에이셀프(ACELP)에서 대수코드북의 대수코드 탐색시간을 줄이는 방법을 제안한다. 1개의 펄스를 갖는 대수코드북을 사용하며, 입력된 음성신호에서 해당 적응코드북을 필터링하여 얻은 신호를 빼고 남은 목표 벡터와, 필터링된 대수코드북 사이의 가중 평균 자승 오차(WMSE: Weighted Mean Squared Error)가 구해진다. 본 발명에 의한 탐색방법은 이 오차를 이용하여 일단 대수코드북의 탐색 조합을 구성하는 펄스 위치들의 탐색순서를 변경하고, 이렇게 변경된 펄스 위치들의 조합으로부터 대수코드북을 탐색하고, 목표 벡터를 가장 잘 표현하는 대수코드를 구한다.

먼저, 본 발명의 이해를 돕기 위해서 G.729에 있어서의 대수코드북의 대수코드 탐색방법을 다음과 같이 설명한다.

도 1은 일반적인 음성 부호화기에서의 대수코드 탐색회로의 블록도로서, G.729에 대한 실시예이다. 도 1을 참조하면, 100 블록의 출력은 원음인 음성을 가중 LPC 필터를 통해 필터링한 값이며, 110 블록의 출력은 목표 벡터에 해당한다. 110 블록의 출력과 120 블록의 출력 사이의 오차를 최소로 하는 대수코드북의 대수코드 탐색이 요구된다.

셀프(CELP)를 기반으로 한 음성 부호화기는 적응코드북과 고정코드북을 탐색하여 이 두 코드북으로부터 구성되는 여기신호를 합성 필터를 통과시켜서 음성을 생성한다. 따라서, 음성 부호화기의 부호화측에서는 입력된 음성을 바탕으로 이 신호를 가장 잘 표현해 주는 적응코드북과 고정코드북을 분석 합성 방법에 의해서 찾는다. 본 발명에서는 입력 음성에서 적응코드북의 필터 출력을 뺀 목표 벡터를 잘 표현하기 위한 고정코드북을 탐색하는 방법에 대하여 기술한다.

목표 벡터(x)를 가장 잘 표현할 수 있는 고정코드북을 찾는 데 필요한 대수코드북의 대수코드는 다음 수학적 식 1로 나타낸 가중 평균 자승 오차(WMSE : weighted mean squared error)(E_k)를 최소화하는 α_k를 구함으로써 찾을 수 있다.

$$E_k = \|x - g\|_{\alpha_k}^2$$

여기서, x는 가중 입력 음성신호에서 가중 합성 필터 $\Psi(z)/A(z) = A(z)/A(z)/[A(z)A(z)/A(z)]$ 의 제로-입력 반응(zero-input response)과 적응코드북을 필터링하여 나온 신호를 뺀 값이고, g는 미들 요소이고, H는 가중 필터의 임펄스 반응으로 부터 구해진 하위 삼각 콘볼루션 행렬(lower triangular convolution matrix)이다. 수학적 1을 최소화하는 값은 수학적 1을 g에 대하여 미분하고, 그 식의 값을 0으로 두므로

써 g 의 값을 구하고, g 를 수학식 1에서 치환함으로써 다음 수학식 2와 같이 구할 수 있다.

$$E_k = x^T x - \frac{(xH^T c_k)^2}{c_k^T H^T H c_k}$$

이것은 다음 수학식 3에서 z_k 를 최대로 하는 c_k 를 구하는 것과 같다.

$$z_k = \frac{(xH^T c_k)^2}{c_k^T H^T H c_k}$$

여기서, a_k 는 대수코드를 주어진 필터 F 를 적용하여 나오는 Fa_k 이며, 수학식 3은 다음 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

$$z_k = \frac{(xH^T c_k)^2}{c_k^T H^T H c_k} = \frac{(xH^T F a_k)^2}{a_k^T F^T H^T H F a_k}$$

여기서, 대수코드 $a_k \in P(\pm 1^4, 0^{36})$ 에 속하며, $P(\pm 1^4, 0^{36})$ 는 4개의 펄스를 갖는 순환 코드북을 나타낸다. 즉, 본 발명을 위한 실험에서는 대수코드(a_k)는 40차 벡터로 가정하며, 그 원소는 4개의 ± 1 과 36개의 0으로 구성된다. 그리고, 대수코드(a_k)는 임의의 차수로 구성될 수 있으며, 또한 0이 아닌 원소의 숫자도 4개가 아닌 임의의 개수가 될 수 있다. 대수코드(a_k)의 원소중 36개는 0이기 때문에 수학식 4는 다음 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.

$$z_k = \frac{(\sum_{i=0}^3 d(m_i) b_{in})^2}{\sum_{i=0}^3 \phi(m_i, m_i) + 2 \sum_{i=0}^3 \sum_{j=i+1}^3 b_{in} b_{jn} \phi(m_i, m_j)}$$

여기서, p 는 4이다. b_{in} 는 1 또는 -1의 값을 갖는 변수이고, $d=(HF)^T x$ 이고, ϕ 는 HF의 임펄스 응답의 자

기상관을 갖는 행렬이다. $\phi(i, j) = \sum_{n=0}^{39} h_f(n-i)h_f(n-j)$, $i = 0, \dots, 39$ 이다.

6.729는 다음 표 1에서 주어지는 대수코드북의 구조를 이용하여 펄스 조합에 대해 수학식 5의 값을 구한다.

[표 1]

펄스 번호	트랙	펄스 위치
1	T_0	0 5 10 15 20 25 30 35
2	T_1	1 6 11 16 21 26 31 36
3	T_2	2 7 12 17 22 27 32 37
4	T_3	3 8 13 18 23 28 33 38
	T_4	4 9 14 19 24 29 34 39

각 펄스 번호에서 하나씩 선택된 펄스 위치들의 펄스 조합 (m_0, m_1, m_2, m_3)은 (0, 1, 2, 3), (0, 1, 2, 8), ..., (0, 1, 2, 9), ..., (0, 1, 7, 3), ... 과 같이 나타나며, 전체 펄스 조합의 수는 8192가지이다. 이 계산은 시간이 많이 소요되기 때문에, 다음과 같은 과정을 거쳐 탐색 횟수를 줄인다. 트랙 T_0, T_1, T_2

에 있는 각각의 펄스 위치 m_0, m_1, m_2 에 대하여 $\sum_{i=0}^3 |d_{mi}|$ 가 주어진 임계치(T_m) 보다 크면, 즉 다음 수학

식 6의 조건이면 이 때 수학식 5의 값을 계산한다.

$$\sum_{i=1}^3 |d_{m,i}| > T_{tr}$$

$$\sum_{i=1}^3 |d_{m,i}|$$

여기서, $\sum_{i=1}^3 |d_{m,i}|$ 를 계산하기 위하여, m_0, m_1, m_2 를 각 트랙에 있는 펄스 위치들에 대하여 변화시킨다. 수학식 6의 값을 구하기 위하여, 512번의 계산을 수행한다. 이것은 수학식 6의 오차를 계산하기 위한 펄스 조합을 선택하기 전에 3개의 펄스 위치의 신호의 값이 일정한 값을 넘는 경우에 수학식 6을 계산하기 위한 펄스 조합을 구하기 위한 단계이다(전 선택(pre-selection) 단계).

그리고, 이 값이 임계치(T_{tr})보다 크면, m_0 에 대하여 0부터 15까지 펄스 위치를 변화시키면서 수학식 5의 값을 구하며, 이 값을 최대로 하는 (m_0, m_1, m_2, m_3)의 펄스 조합이 원하는 대수코드(a_k)를 구성한다. 이 와 같이 계산할 때, 전체 탐색 횟수는 부프레임당 $8 \times 8 \times 8 \times 16$ 은 8192번이다. G.729에서는 탐색 횟수를 줄이기 위하여 수학식 6을 만족하는 횟수가 1440이 초과하게 되면, 탐색을 멈추도록 설계되어 있다.

본 발명에서는 대수코드(a_k)를 구성하기 위하여, 각 트랙에 있는 펄스 위치들의 펄스 조합 (m_0, m_1, m_2, m_3)를 첫 번째 펄스 위치부터 마지막 펄스 위치까지 G.729와 같은 방법으로 구하여 대수코드북을 탐색하지 않는다. 표 1에 대수코드북의 구조를 각각의 펄스 위치가 갖는 중요도에 따라 재배치하고, 재구성된 코드북의 구조를 이용하여 펄스 조합을 구하고, 이 펄스 조합으로 부터 수학식 5의 값을 구한다. 이로써 코드북의 탐색 시간을 줄인다.

이하, 본 발명에 의한 음성 부호화시에 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법을 첨부한 도면을 참조하여 구체적으로 설명한다.

대수코드북의 구조는 여러 가지 형태로 구성될 수 있지만, 본 발명에서는 G.729에서 사용하는 일반적인 대수코드북의 구조(표 1)를 이용하여 설명한다. G.729에 있어서 대수코드북은 5개의 트랙으로 구성되며, 대수코드는 4개의 펄스를 갖는다. 대수코드 단어를 구성하기 위하여, 트랙 T_0, T_1, T_2 로 부터 각각 1개씩의 펄스를 선택하고, T_3 와 T_4 에서 1개의 펄스를 선택하여 4개의 펄스를 갖는 대수코드를 구성한다.

도 2는 본 발명에 의한 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법의 바람직한 실시예에 따른 플로우차트이다.

먼저, 각 트랙에 속하는 펄스 위치들이 각각 구하려는 대수코드의 대수코드 단어를 구성하는데 기여하는 정도에 따라 펄스 위치들을 재배치한다. 구체적으로, 각 트랙에 속하는 펄스 위치들에 대해, 펄스 위치

마다 해당 펄스와 목표 벡터간의 ξ_k 를 계산한다(제200단계). 대수코드(a_k)는 $a_k = \sum_{i=1}^4 a_{k,i}$ 와 같이 구성되며, $a_{k,i} \in P(\pm 1, 0^M)$ 이고, $P(\pm 1, 0^M)$ 는 단일 펄스 순환 코드북(single pulse permutation codebook)을 나타낸다. 단일 펄스로 구성되는 코드북으로 부터 수학식 4에 상응하는 오차($E_{k,i}$)는 다음과 같다.

$$E_{k,i} = x^T x - \frac{(x^T H F a_{k,i})^2}{a_{k,i}^T F^T H^T H F a_{k,i}}$$

여기서, ξ_k 의 값을 구할 수 있다.

$$\xi_{k,i} = \frac{(x^T H F a_{k,i})^2}{a_{k,i}^T F^T H^T H F a_{k,i}}, \quad k_i = 0, \dots, 39$$

각 트랙에 속하는 펄스 위치를 갖는 대수코드($a_{k,i}$)에 대하여 오차 $\xi_{k,i}$ 값이 감소하는 순서로 나열한다(제202단계). 즉, 오차($E_{k,i}$)를 최소로 하는 대수코드를 탐색하기 위해 $\xi_{k,i}$ 를 최대로 하는 펄스 위치를 구한다.

이렇게 하여 각각의 펄스가 갖는 목표 벡터(x)와의 $\xi_{k,i}$ 에 따라 표 1에서의 펄스 위치들이 다음 표 2와 같이 재배치된다. 다음 표 2는 재구성된 대수코드북의 구조의 예를 나타낸다. 이 때,

각 펄스 위치에서 목표 벡터(x)와의 $\xi_{k,i}$ 의 값은 다음 표 3에 보여지는 바와 같다. 여기서, 오차값은 $\xi_{k,i}$ 를 $x^T x$ 로 나누어 정규화한 값으로서, 0에서 1사이의 값이다.

[표 2]

필스 번호	트랙	필스 위치
1	T ₀	20 18 5 18 27 30 15 0
2	T ₁	36 26 6 11 16 21 31 1
3	T ₂	2 7 12 17 22 27 37 32
4	T ₃	8 3 13 18 23 38 33 28
	T ₄	1 9 39 14 21 31 12 30

[표 3]

필스 번호	트랙	오차값
1	T ₀	+0.199 +0.071 +0.002 +0.001 +0.000 +0.000 +0.000 +0.000
2	T ₁	+0.134 +0.045 +0.000 +0.000 +0.000 +0.000 +0.000 +0.000
3	T ₂	+0.036 +0.031 +0.000 +0.000 +0.000 +0.000 +0.000 +0.000
4	T ₃	+0.021 +0.012 +0.000 +0.000 +0.000 +0.000 +0.000 +0.000
	T ₄	+0.272 +0.002 +0.000 +0.000 +0.000 +0.000 +0.000 +0.000

표 2와 같이 재구성된 대수코드북으로 부터 필스 위치들의 필스 조합 (m_0, m_1, m_2, m_3)은 표 1과 달리 (20, 36, 2, 8), (20, 36, 2, 3), ..., (20, 36, 2, 4), ..., (20, 36, 7, 8), ... 와 같은 순서로 변경 된다. 이를 필스 조합에 대하여 ξ_k 를 구한다. 이때, 표 2의 모든 필스 위치들의 조합으로 부터 ξ_k 를 구하면, 6.729와 마찬가지로 탐색 횟수 8192번을 갖게 되어 많은 시간을 소요하게 된다. 시간을 단축시키기 위해, 본 발명에서는 각 트랙으로 부터 원하는 대수코드가 될 확률이 큰 몇 개의 필스 위치를 선택한다.

다시 도 2를 참조하면, 제202단계 후에, 재구성된 대수코드북에서 소정의 탐색 범위를 기준으로 각 트랙마다 탐색할 후보 필스 위치들을 선택한다(제204단계). 선택된 후보 필스 위치들을 조합하여 대수코드의 후보를 구한다(제206단계). 이들 후보에 대하여 목표 벡터(x)와의 오차를 구하며, 이 값을 최소로 하는 필스 위치들의 필스 조합을 대수코드북을 탐색하여 찾은 대수코드로 결정한다(제208단계).

a_k 로 부터 ξ_k 를 구했을 때, 높은 값을 갖는 k_i 의 위치가 대수코드(a_k)를 구성하는 필스 위치가 될 확률은 표 3에서 보여준 바와 같다. 이 확률 값은 NATC CD-ROM의 한국어 음성 153,000개의 부프레임으로 부터 구한 결과이다. 다음 표 4에 주어지는 값은 8192개의 필스 위치들의 필스 조합에 대하여 ξ_k 를 구

했을 때, ξ_k 가 큰 값이 전체 필스 조합에 대하여 구한 대수코드의 구성요소가 되는 비율을 나타내고 있다. 이를 통하여, ξ_k 가 큰 값을 갖는 단일 필스가 실제의 대수코드를 구성할 확률이 높다는 것을 보여준다.

[표 4]

필스 번호	트랙	비율
1	T ₀	0.6716 0.1728 0.0074 0.0350 0.0213 0.0130 0.0103 0.0076
2	T ₁	0.6381 0.1786 0.0717 0.0384 0.0234 0.0185 0.0122 0.0081
3	T ₂	0.6828 0.1742 0.0738 0.0359 0.0219 0.0154 0.0111 0.0078
4	T ₃	0.3744 0.0708 0.0230 0.0124 0.0072 0.0053 0.0036 0.0027
	T ₄	0.3724 0.0691 0.0242 0.0122 0.0075 0.0048 0.0031 0.0024

구체적으로, 제204단계에서 탐색할 후보 필스 위치들을 선택하는 과정을 설명한다. 한 트랙의 첫 번째 필스 위치의 오차값을 ξ_{k_1} 라 한다. 이 때, 각 트랙에서 대수코드의 탐색을 위하여 선택되는 필스 위치는 ξ_{k_j} 의 값이 $\xi_{k_1} \leq \alpha \cdot \xi_{k_1}$ (여기서, $j=1,2,3,\dots$)를 만족하는 필스 k_j 까지로 한다. α 를 4로 두었을 때, 다음 표 5에서처럼, 트랙 T₀에서 2개, 트랙 T₁에서 2개, 트랙 T₂에서 1개, 트랙 T₃에서 2개, 트랙 T₄에서 1개의 필스를 대수코드 탐색을 위한 후보 필스 위치들로 선택한다. 트랙 T₀과 트랙 T₄에 대해서는

트랙 T_2 와 트랙 T_4 의 제일 큰 값에 대하여 펄스 위치를 선택하는 작업을 수행한다. 트랙 T_2 에 대해서는 α 를 4로 두었을 때, 선택되는 펄스 위치가 0개가 되지만, 어느 경우에도 각 트랙에서 한 개 이상의 펄스가 검사되도록 정하였다. 다음 표 5에서 외곽선으로 표시된 펄스 위치들은 선택된 펄스 위치들의 예를 나타낸다.

[표 5]

트랙 번호	트랙	오차 (ϵ_k)
1	T_1	$+0.002$ $+0.001$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$
2	T_2	$+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$
3	T_3	$+0.001$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$
4	T_4	$+0.002$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$ $+0.000$

각 트랙으로 부터 구한 펄스 위치들의 수를 N_k 라 한다. 이 때, 탐색하게 될 전체 펄스 조합의 수는

$\prod_{k=1}^4 N_k \cdot (N_T + N_T)$ 가 되며, 이 수는 α 를 조정함으로써 변화될 수 있다. α 를 크게 하면, 탐색해야 할 펄스 조합의 수가 많아지고, α 를 작게 조정하면, 탐색해야 할 펄스 조합의 수가 작아진다. 즉, 탐색 속도를 α 를 이용하여 조절할 수 있다.

ϵ_k 는 펄스 k_1 와 k_2 의 상호의 값으로 부터 영향을 받기 때문에, 전술한 과정으로 선택된 후보 펄스 위치들의 펄스 조합으로 부터 최대의 값을 갖는 펄스 조합을 구하지 못할 수 있다. 이를 보완하기 위하여, 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따라 탐색의 오류를 보정하도록 한다.

도 3은 본 발명에 의한 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법의 바람직한 다른 실시예에 따른 플로우차트이다.

먼저, 각 트랙에 속하는 펄스 위치들을 대해, 대수코드의 코드 단어를 구성하는 기여도에 따라 펄스 위치들을 재배치한다(제300단계). 다음에, 소정의 탐색 범위를 기준으로 각 트랙마다 탐색할 후보 펄스 위치들을 선택하고, 후보 펄스 위치들을 조합한다(제302단계), 다음에 조합된 결과와 목표 벡터와의 오차를 최소로 하는 대수코드를 선택한다(제304단계).

제304단계 후에, 선택된 대수코드에서 두개의 펄스 위치를 고정시키고, 나머지 두개의 펄스 위치를 변경시키면서 펄스 조합과 목표 벡터와의 오차를 계산한다(제306단계). 오차를 최소로 하는 펄스 조합을 선택한다(제308단계). 다음에, 세개의 펄스 위치를 고정시키고, 나머지 한개의 펄스 위치를 변경시키면서 펄스 조합과 목표 벡터와의 오차를 계산한다(제310단계). 오차를 최소로 하는 펄스 조합을 선택한다(제312단계). 구해진 오차가 소정의 기준치에 근거하여 만족되는가를 판단하고(제314단계), 그렇지 않으면 제306단계로 진행하여 전술한 동작을 반복한다.

제304단계에서 구한 대수코드 즉, 펄스 조합의 후보를 (i_0, i_1, i_2, i_3) 이라 한다. 트랙 T_0, T_1 에 속하는 펄스 위치 (i_0, i_1) 를 고정시키고, 트랙 T_2, T_3, T_4 에 속하는 펄스 위치 (i_2, i_3) 를 변경시키면서 새로운 ϵ_k 의 값을 구한다. 이와 같이, $(i_0, i_2), (i_0, i_3), (i_1, i_2), (i_1, i_3)$ 를 각각 고정시키고, 나머지 2개의

펄스 위치를 변화시키면서 ϵ_k 의 값이 제일 큰 펄스 위치를 결정한다.

이 때, 나머지 2개의 펄스 위치를 변경시키는 방법은 펄스 (i_0, i_1) 를 고정시킨 경우를 예로 설명한다.

트랙 T_2 에 속하는 펄스 위치로 구성되는 펄스 조합 (i_0, i_1, T_2) (T_2 는 표 1에 있는 값)에 대하여, ϵ_k 를 최소로 하는 T_2 의 값을 구한다. 그리고, 이 조합에 대하여 T_3, T_4 를 표 1에 있는 값으로 변화시키면서

ϵ_k 를 계산한다. 다음에, T_3, T_4 를 표 1에 있는 값으로 변화시키면서 ϵ_k 를 계산하여 한 펄스 위치를 선택하고, 이 세 개의 펄스 위치와 트랙 T_2 에 속하는 펄스 위치를 표 1에 있는 값으로 변화시키면서 ϵ_k 를

계산한다. 이 경우의 탐색 횟수는 32번이 된다. 각 경우에 대하여 추가되는 탐색 횟수의 합은 $32 \times 32 + 16 + 16 + 16 = 1440$ 이다.

그리고, 제310단계에서 펄스 위치 $(i_0, i_1, i_2), (i_0, i_1, i_3), (i_0, i_2, i_3), (i_1, i_2, i_3)$ 를 고정시키고, 나머지 한 개의 펄스 위치를 구한다. 이 과정은 $16 + 8 + 8 + 8 = 40$ 번의 추가적인 탐색을 필요로 한다. 바람

직한 다른 실시예에 따른 탐색방법에서 전체적으로 요구하는 탐색 횟수는 $\prod_{k=1}^4 N_k \cdot (N_T + N_T) = 160$ 회이다.

본 발명을 0.729와 0.729A에 대해 세그멘탈 SNR과 탐색공간을 비교하여 평가하였다. 테스트 데이터로서 한국, 미국의 남자와 여자의 음성을 NATC CD-ROM으로 부터 사용하였다. 분석한 데이터의 양은 480초이다. 다음 표 7은 0.729와 본 발명의 탐색 횟수를 보여준다.

[표 7]

단어	필수	선택	합	비고
한국어	6,729	1440	176	1227
영어	6,729	672	170	303
한국어	6,729	1440	192	1021
영어	6,729	672	170	302

표 7은 6,729와 본 발명이 목표 벡터와 오차를 가장 작게 하는 대수코드 단어를 찾기 위하여 필요로 하는 탐색 횟수를 보여준다. '최하'열은 각 방식이 원하는 대수코드 단어를 찾는데 가장 많은 탐색을 하는 횟수를 나타낸다.

표 7을 참조하면, 각 트랙의 처음 4개의 필스가 95%이상의 확률로 최적의 대수코드 단어를 구성하게 되므로, 최대 탐색의 개수를 $4 \times 4 \times (4 \times 4) = 512$ 로 정하였다. 물론, 각 트랙에서 선택되는 필스의 개수는 4개

씩이 아니고, N_n 는 1에서 8사이의 값을 가지며, $\prod_{i=1}^4 N_{Ti} \cdot (N_{Ti} + N_{Ti})$ 의 최대값이 512를 넘지 않도록 각 트랙으로부터 α 를 선택한다.

알고리즘에서 지정하는 바와 같이, 6,729는 1440번을 찾게 되며, 본 발명에서는 672번을 찾는다. '최상'열은 가장 적은 탐색을 하는 횟수를 나타낸다. 그리고, '평균'열은 테스트한 전체 데이터에 대해 원하는 대수코드 단어를 찾기 위하여 평균적으로 탐색한 횟수를 나타낸다. 평균적인 탐색 횟수는 6,729보다 약 3배정도 빠르다. 그리고, 6,729A는 320번의 탐색을 하도록 고정되어 있으므로, 본 발명에서 최고 많이 찾을 경우에는 672번으로 6,729A보다 느리지만 평균적인 탐색시간은 6,729A와 거의 비슷하다.

다음 표 8은 본 발명, 6,729, 6,729A에 대한 소모적 탐색의 세스멘탈 SNR(SNR_{seg})를 보여준다.

[표 8]

단어	필수	6,729	6,729A	본 발명
한국어	9,577	9,588	8,949	9,374
영어	9,589	9,499	8,877	9,472

6,729*, 6729, 본 발명은 SNR_{seg} 에서 비슷한 성능을 보여 준다. 한국어의 경우에는 6,729가 9.588dB로 가장 높고, 본 발명은 약 0.014dB정도 작으며, 6,729A는 6,729보다 0.639dB 정도 작다. 영어의 경우에는 본 발명이 0.027dB정도 작으며, 6,729A는 6,729보다 약 0.642dB정도 작다. 그리고, 6,729A와 비교하면, 평균적인 탐색 속도는 1/4정도 빠르면서 음질은 6,729와 비슷하고, 탐색 속도는 6,729에 비교하여 3배 정도 빠르다. 이 결과들은 본 발명이 유효하다는 것을 보여준다. 그리고, 대수코드북을 찾는 오차율은 6,729가 5.02%정도이고, 본 발명은 10.2%정도이다.

발명의 효과

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 의한 음성 부호화시에 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법은, 6,729에서 요구하는 전 선택 단계를 제거함으로써 이를 계산하는데 필요한 계산량을 감소하고, 탐색할 필스의 수를 줄임으로써 6,729보다 대수코드북을 빠르게 탐색하며, SNR_{seg} 의 관점에서 거의 같은 음질을 유지하면서 약 3배 정도 탐색 횟수를 감소시키는 이점이 있다. 또한, 6,729A와 비슷한 평균 탐색 시간을 유지하면서 음질을 보다 향상시키는 이점이 있다. 한편, 본 발명을 이용하여 다중 필스 선택(MP_CELP)에서 다중 필스 위치들을 빠른 시간내에 효율적으로 찾는데 용이하게 적용가능한 이점이 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1. 소정수의 일련 필스 번호, 각 필스 번호에 대응하는 일련 트랙들, 각 트랙에 속하는 필스 위치들로 구성된 대수코드북에서, 입력된 음성신호에 대한 목표 벡터와의 오차를 최소화 하는 대수코드 탐색방법에 있어서,

- 상기 각 트랙에 속하는 필스 위치들이 각각 구하려는 대수코드의 코드단어를 구성하는데 기여하는 정도에 따라 상기 필스 위치들을 재배치하는 단계;
- 재구성된 대수코드북에서 소정의 탐색 범위를 기준으로 각 트랙마다 탐색할 후보 필스 위치들을 선택하고, 선택된 후보 필스 위치들을 조합하여 대수코드의 후보를 구하는 단계; 및
- 상기 후보중에서 상기 목표 벡터와의 오차를 최소화 하는 대수코드를 선택하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법.

청구항 2. 제1항에 있어서, 상기 (a) 단계는,

(a1) 상기 각 트랙에 속하는 펄스 위치들에 대해, 펄스 위치마다 해당 펄스와 목표 벡터간의 오차를 계산하는 단계; 및

(a2) 계산된 오차가 감소하는 순서로 상기 펄스 위치들을 재배치하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법.

청구항 3. 제1항에 있어서, 상기 (b) 단계에서 상기 소정의 탐색 범위는,

상기 (a) 단계에서 펄스 위치마다 해당 펄스와 목표 벡터간의 오차를 계산하고, 계산된 오차가 감소하는 순서로 상기 펄스 위치들을 재배치할 경우에,

각 트랙에 속하는 펄스 위치를 각각의 오차에 소정치를 각각 곱한 값중에서 첫번째 펄스 위치에 대한 오차보다 크거나 같은 값을 갖는 펄스 위치들에 해당하는 것을 특징으로 하는 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법.

청구항 4. 소정수의 일련 펄스 번호, 각 펄스 번호에 대응하는 일련 트랙들, 각 트랙에 속하는 펄스 위치들로 구성된 대수코드북에서, 입력된 음성신호에 대한 목표 벡터와의 오차를 최소화 하는 대수코드 탐색방법에 있어서,

(a) 상기 각 트랙에 속하는 펄스 위치들이 각각 구하려는 대수코드의 코드단어를 구성하는데 기여하는 정도에 따라 상기 펄스 위치들을 재배치하는 단계;

(b) 재구성된 대수코드북에서 소정의 탐색 범위를 기준으로 각 트랙마다 탐색할 펄스 위치들을 선택하고, 선택된 펄스 위치들을 조합하여 대수코드의 후보를 구하는 단계;

(c) 상기 후보중에서 상기 목표 벡터와의 오차를 최소화 하는 대수코드를 구하는 단계; 및

(d) 상기 (c) 단계에서 얻은 대수코드를 구성하는 펄스 위치들중에서 소정수의 펄스 위치를 고정시켜놓고, 나머지 펄스 위치들을 원래의 대수코드북에 있는 펄스 위치들을 참조하여 변경시키면서, 상기 목표 벡터와의 오차를 최소화 하는 대수코드를 구하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법.

청구항 5. 제1항에 있어서, 상기 (a) 단계는,

(a1) 상기 각 트랙에 속하는 펄스 위치들에 대해, 펄스 위치마다 해당 펄스와 목표 벡터간의 오차를 계산하는 단계; 및

(a2) 계산된 오차가 감소하는 순서로 상기 펄스 위치들을 재배치하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법.

청구항 6. 제4항에 있어서, 상기 (b) 단계에서 상기 소정의 탐색 범위는,

상기 (a) 단계에서 펄스 위치마다 해당 펄스와 목표 벡터간의 오차를 계산하고, 계산된 오차가 감소하는 순서로 상기 펄스 위치들을 재배치할 경우에,

각 트랙에 속하는 펄스 위치를 각각의 오차에 소정치를 각각 곱한 값중에서 첫번째 펄스 위치에 대한 오차보다 크거나 같은 값을 갖는 펄스 위치들에 해당하는 것을 특징으로 하는 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법.

청구항 7. 제4항에 있어서, 상기 (d) 단계는,

(d1) 상기 (c) 단계에서 얻은 대수코드에서 두개의 펄스 위치를 고정시키고, 나머지 두개의 펄스 위치를 변경시키면서 목표 벡터와의 오차를 계산하는 단계;

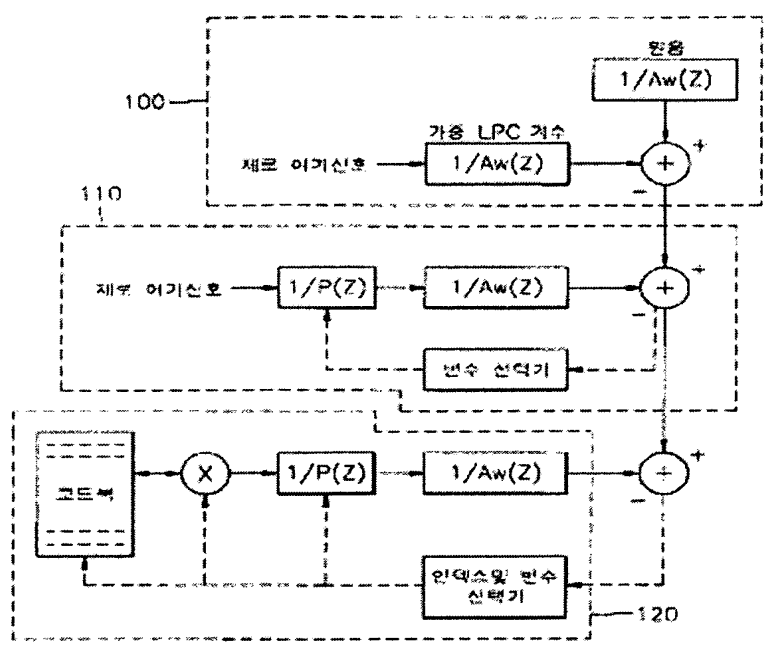
(d2) 계산된 오차를 최소화 하는 대수코드를 구하는 단계;

(d3) 상기 (d2) 단계에서 얻은 대수코드에서 세개의 펄스 위치를 고정시키고, 나머지 한개의 펄스 위치를 변경시키면서 목표 벡터와의 오차를 계산하는 단계; 및

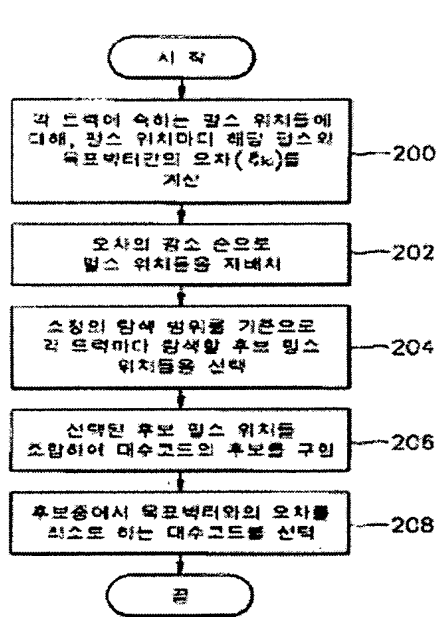
(d4) 계산된 오차를 최소화 하는 대수코드를 구하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 대수코드북에서의 대수코드 탐색방법.

도면

도면1



도면2



도면3

